

# 함정 묘의 파주력과 파주계수에 대한 이론적 고찰에 관한 연구

임봉택\* · 고재우\*\* · 김병석\*\*\*

\* 해군사관학교 항해운용학과 교수, \*\* 해군사관학교 항해운용학과 교관, \*\*\* 해군 1함대 양만준함 작전관

## A Study on Theoretical Consideration to the Holding Power and Holding Power Coefficient of War Ship Anchor

Bong-Taek Lim\* · Jae-Woo Ko\*\* · Byoung-Suk Kim\*\*\*

\*, \*\*, \*\*\* Korea Naval Academy, Changwon 645-797, Korea

**요 약** : 본 연구에서는 해군 함정에서 운용하고 있는 묘의 파주력과 파주계수에 대한 계산이 단순하게 특정한 값을 적용하고 있다는 한계를 인식하고, 이러한 한계를 극복하기 위해 기존 문헌연구 자료와 묘 제작사, 연구기관, 학계의 여러 실험결과를 바탕으로 함정이 보유한 묘의 형태별 파주력과 파주계수를 비교 분석하였다. 함정에서 사용 중인 대표적인 묘의 형태별 파주력 및 파주계수를 비교분석한 결과 AC-14형 묘는 ASS형 묘나 U.S. Navy Standard형 묘에 비해 큰 파주력을 가지며 이는 묘의 경량화를 가능케 하여 조함의 용이성에 도움이 됨을 확인하였고, U.S. Navy Standard형 묘는 중량의 변화에 파주계수의 값이 민감하게 반응하지 않는 특성을 확인하였으며, Danforth형 묘는 파주계수가 중량에 반비례한 특징을 확인하였다. 또한 묘를 운용할 때 유의하고 보완할 사항을 알기쉽게 정리하였다. 본 연구의 결과는 묘를 운용하는 함정 승조원에게 파주력과 파주계수와 관련하여 신뢰성 있는 이론적 근거를 제공하고 보다 안전하게 묘박을 할 수 있도록 하는데 기여를 할 것으로 기대된다.

**핵심용어** : 파주력, 파주계수, AC-14형 묘, Danforth형 묘, U.S. Navy Standard형 묘

**Abstract** : In this study, with the awareness of the limitations set in the currently operated calculations of holding power and the holding power coefficient of anchors of naval ships due to its simple application of a specific value, various factors that impact the holding power and its coefficient were verified based on existing data analysis of literature research and numerous experiment results from anchor manufacturers, research institutes and academic community in order to overcome the aforementioned limitations. In addition, holding power and holding power coefficient were compared and analyzed by the shape of anchors. As a result, we came to know that the holding power of AC-14 type anchor is stronger than that of ASS type anchor or U.S. Navy Standard type anchor which makes it possible to reduce the weight of the anchor and therefore ease the process of naval shipbuilding. Furthermore, we confirmed the fact that U.S. Navy Standard type anchor does not react sensitively to the weight change of the anchor. Lastly, we found out that Danforth type anchor's holding power coefficient is in inverse proportion to the weight. Moreover, instructions for managing anchor are arranged easily for your information. The results of this study is expected to provide anchor - operating naval crew with a reliable theoretical basis pertaining to an anchor's holding power and its coefficient and contribute much for the safety of their act of anchoring.

**Key words** : Holding Power, Holding Power coefficient, AC-14 Type Anchor, U.S. Navy Standard Type Anchor

### 1. 서 론

최근 대형 상륙함, 이지스함, 신형 구축함들의 건조와 함께, 해군 함정들이 보유한 묘의 형태는 일반 선박들이 주로 사용하는 AC-14형 뿐 아니라 Danforth형, U.S. Navy Standard형 등으로 다양하다. 그러나 실무에서는 함정 묘의 중량 및 저질 별 파주계수 값이 아닌 특정한 값(수심의 몇 배수의 묘체를 산출한다 등)만을 적용함으로써 정확한 파주력을 산출하지 못

한다는 한계를 가지고 있다. 이는 자칫 과다 혹은 과소한 묘 체 산출로 귀결될 수 있다. 즉, 신뢰성이 떨어지는 파주력 산 출로 이어져 주요 등 함 안전에 큰 위협으로 작용될 수 있는 여지를 다분히 가지고 있다. 본 연구의 1장에서는 기존 문헌 연구 자료와 묘 제작사, 연구기관, 학계의 여러 시험 결과치를 바탕으로, 해군함정들이 보유한 묘에 대한 파주력 변화 요인 들을 살펴본다. 2장에서는 해군 함정이 운용하고 있는 묘의 형태와 중량 결정방법 등을 살펴보고, 3장에서는 현재 해군

\* 중신회원, nalbt@hanmail.net 055)549-1262

\*\* 연회원, rhwodnsa@naver.com 055)549-1484

\*\*\* 연회원, monadol@naver.com 033)539-5218

함정이 보유한 묘 형태인 AC-14형, Danforth형, U.S. Navy Standard형 별로 묘의 파주력 및 파주계수를 비교·분석한다. 4장에서는 여러 변화 요소에 의해 파주력 및 파주계수가 달라질 수 있고, 그에 따른 묘의 파주력에 대한 올바른 이해를 위해 몇 가지 유의할 점을 제시하였다. 이상의 연구결과는 해군 실무자들이 묘의 파주력과 파주계수를 이해하는데 크게 도움이 될 것이라 생각되며, 묘와 관련된 교육자료로서 유용하게 활용할 수 있을 것이다.

## 2. 함정 묘의 운용과 제작현황

### 2.1. 함정 묘 운용현황

불과 수 톤의 묘가 그 무게의 몇 천배에 달하는 수천 톤의 선박을 해상에서 고정시킬 수 있다는 사실에서, 묘는 선박에 없어서는 안 될 가장 중요한 의장품 중 하나다. 묘를 해저에 떨어뜨리면 그 묘는 해저바닥을 파고 들어가 바닥으로부터 떨어지지 않으려는 힘이 발생하는데, 이것을 파주력(Holding Power)이라고 한다. 파주력은 시험에 의해 얻은 파주력을 수중에서의 묘 무게의 배수로 표시하는데, 이 값을 파주계수(Holding Power Coefficient)라고 한다. 동일한 묘라 할지라도 해저 저질의 종류에 따라서 파주계수는 달라진다. 묘쇄 역시 해저와 접합되면 그 점착력에 의하여 파주력이 생기게 되고, 이 크기는 단위 케이블당 수중에서의 중량 배수로 표시된다. Table 1은 현재까지 가장 널리 사용되고 있는 파주계수 표이다(Yoon, 2014).

Table 1 Holding power coefficient of ASS and AC14

classification	mud	sand	gravel	flat rock	anchor dragging
ASS type anchor $\lambda_a$	4	3.5	3	2	1.5
AC14 type anchor $\lambda_a$	10	8	8	2.5	2
$\lambda_c$	1	1	0.8	0.8	0.5

현재 선박들이 보유하고 있는 묘의 대표적 형태는 ASS(Admiralty Standard Stockless Anchor)와 신형묘인 AC-14(Admiralty Cast Type No.14)이다. 해군함정 역시 과거에는 ASS 형태의 묘를 장착하기도 하였으나, 최근에는 AC-14형과 U.S. Navy Standard Stockless형의 묘가 주로 사용되고 있다. 또한, 기뢰 소해함(MSH), 고속함(PKG)과 같은 일부 함정에는 Danforth형의 묘를 사용하기도 한다. Table 2는 우리나라 해군 함정들이 보유하고 있는 묘의 형태, 중량 그리고 묘쇄의 길이를 보여주고 있다.

Table 2 Shape of anchor in naval vessel

classification	LPH	DDG	DDH	AOE	LST	FF	PCC	MSH	PKG
anchor shape	AC	AC fwd1 side1	U.S.N (fwd) AC (side)	U.S.N	U.S.N	U.S.N	U.S.N	Dan forth	Dan forth
anchor weight (ton)	7.6	4.5	4.1 (USN) 2.9 (AC)	5.4	4.5	1.0	0.9	0.5	0.17
anchor chain length (shot)	24 (P12, S12)	36 (P18, S18)	24 (P12, S12)	24 (P12, S12)	18 (P9, S9)	16 (P9, S7)	14 (P9, S5)	16 (P9, S7)	7

### 2.2. 함정 묘 제작현황

#### 2.2.1. 일반 설계조건

일반 선박이나 함정에 장착되는 묘는 일정한 설계조건을 만족해야 한다. 무엇보다 먼저 한국선급(KR)에서 요구하는 기준과 함께, 제작업체에서 정한 풍속, 조류, 수심, 해저 지질, 묘박방법 등의 특정 환경 하에서 일정 기준치를 동시에 만족하도록 설계하고 있다. 해군 함정의 묘 및 묘쇄에 대한 설계 조건은 우선적으로 해군에서 요구하는 설계 사양서의 조건을 만족해야 하며, 특별한 요구조건이 없을 경우에는 Table 3과 같은 일반적인 설계조건을 따르고 있다(Navy, 2004).

Table 3 Requirement for anchor specification plan

classification	design condition
wind speed	70 kts
current	4 kts
depth of water	40 fathoms
characteristic of bottom	firm sand
method of anchoring	single anchoring

#### 2.2.2. 묘 수량 및 형태 결정

함정 묘의 수량은 함정건조기본지침서, 유사 실적함 및 묘박 방법별 필요에 따라 결정되며, 우리나라 해군함정은 고속정을 제외하고 기본적으로 2개를 장착하고 있다. 이처럼 2개의 묘를 장착하는 주된 이유는, 하나의 묘를 사용하지 못할 상황을 대비하고 태풍내습에 따라 해상에서 투묘 대피 시 이묘박, 쌍묘박 등과 같이 큰 파주력을 발생시킬 수 있는 묘박법이 필요하기 때문이다. 또한, 유럽과 같은 일부 특정지역 항만에서 이뤄지는 지중해식 계류시 최소 2개의 묘가 요구되기도 하기 때문이다. 함정의 묘 형태는 해당 함정의 임무와 특성에 따라 적의 조정하여 결정할 수가 있으나, 주로 이전에 건조된

동형급 함정들의 적용 사례, 요구되는 파주력, 국내 제작 가능성, 묘 형태별 특성 및 적용 가능성을 고려하여 최종적으로 결정된다.

2.2.3. 묘 중량 결정

묘의 중량 결정은 Table 4와 같이 크게 근사식에 의한 방법과 의장수에 의한 방법 등의 2가지 방안으로 검토되고 있다. 실제 해군 함정의 묘 중량 계산방식은 근사식에 의한 방법을 주로 적용하였으며, 이는 미 조선학회(Ship Design & Construction)에서 제시한 자료에 근거하고 있다. 따라서 함정의 묘 중량은 근사식에 의한 계산방법을 적용함과 동시에 한국선급(KR)에서 규정하는 의장수에 의한 계산값을 모두 산출하여 적절한 묘 중량을 최종적으로 결정하고 있다(Navy, 2004).

Table 4 Means of calculating anchor weight

classification	method of calculate external force	reference
approximate expression	calculate approximate expression on wind pressure, current, propeller resistance	ship design & construction
number of equipment	select the anchor and anchor chain by ship size	rule of KR

근사식에 의한 묘 중량( $W_a$ ) 계산식은 식 (1)과 같으며, 묘 형태별 파주계수는 Table 5와 같이 선박 특성에 따라 다른 값을 적용한다(NAVSEA, 1997a).

$$W_a = \frac{H}{C}(lb) \tag{1}$$

단,  $H$  : 파주력(Holding Power)

$C$  : 묘 형태별 파주계수

Table 5 Holding power coefficient for each type of anchor

type of anchor	holding power coefficient( $C$ )
mushroom	2.5
commercial stockless anchor	5.0
U.S. navy standard stockless anchor	7.0
Danforth anchor	16 - 47
balanced fluke anchor	9.0
AC-14 anchor	7 - 10

여기에서 파주력( $H$ )은 식 (2)와 같이 풍력( $F_w$ ), 표면마찰력( $F_s$ ), 프로펠러 항력( $F_p$ ) 등을 더한 외력과 함형별 동적계수

의 곱으로써 산출되며, 함형별 동적계수는 Table 6과 같이 함형별로 다른 값을 적용시킨다(NAVSEA, 1997b).

$$H = Z \times R(lb) \tag{2}$$

단,  $Z$  : 함형별 동적 계수

$R$  : 함정에 작용하는 외력으로 식(3)에 의한 값

Table 6 Dynamic coefficient for each type of vessel

type of ship	dynamic coefficient( $Z$ )
submarine	1.0
destroyers	1.25 - 1.50
heavy cruiser	1.50 - 1.75
aircraft-carriers	1.75 - 2.00

$$R = F_w + F_s + F_p(lb) \tag{3}$$

단,  $F_w$ (풍력) =  $0.004 \times A_t \times V_w^2(lb)$

$A_t$  : 수선 상부 선체 가로 투영면적(ft<sup>2</sup>)

$V_w$  : 풍속(knot)

$F_s$ (표면마찰력) =  $(\rho/2) \cdot 0.088 \cdot C_x \cdot B \cdot T \cdot (V_c)^2$

$\rho$  : 15°C 해수 밀도( lb sec<sup>2</sup>/ft<sup>4</sup> )

$V_c$  : 조류의 속도(ft/s)

$C_x$  : 최대 단면계수,  $T$  : 흘수(m),

$B$  : 흘수에서의 형폭(m)

$F_p$ (프로펠러항력) =  $(\rho/2) \times 0.5 \times D^2 \times (V_c)^2 \times N$

$D$  : 프로펠러 직경(ft)

$N$  : 프로펠러 수량(개)

선박의 크기에 따른 앵커 및 앵커체인 중량과 크기는 선박설비 규정에 정하여져 있는 의장수(Equipment Number, EN)에 따라서 결정된다. 아래 식 (4)는 한국선급에서 사용하는 것으로써, 의장수(EN)는 다음과 같은 계산방식으로 그 값이 결정된다.

$$EN = \blacktriangle^{2/3} + 2BS + A/10 \tag{4}$$

단,  $\blacktriangle$  : 하기만재흘수선 이하 형배수량

$B$  : 선체의 형폭(m)

$S$  :  $f + h$

$f$  : L 중양 하계만재흘수선상의 견현(m)

$h$  : 선루 및 폭이 B/4를 넘는 갑판실 측면에서의 높이 합(m)

$A$  : 투영측면적(m<sup>2</sup>)

### 3. 묘의 형태별 파주력과 파주계수

#### 3.1. AC-14형 묘

제2차 세계대전이 한창일 때 영국에서는 많은 사람들이 묘의 파주력이 약하다는 것을 불평하였다. 1943년에 이를 보완하기 위해 4~5가지 형태의 묘를 만들어 시험한 결과, 새로운 하나의 묘 형태가 탁월하게 파주력이 좋다는 사실을 발견하였는데, 이것이 바로 현재에도 널리 통용되고 있는 AC-14형 묘이다. AC-14형 묘는 뺄, 모래, 자갈 및 암반 등 다양한 저질에서 시험한 결과, 이전에 주로 사용한 ASS형 묘보다 2~3배 이상의 파주력을 가지고 있었다. Table 7은 실제 영국에서 AC-14형 묘와 ASS형 묘를 같은 저질에서 파주력을 상호 비교한 결과이다(Yoon, 2014). 시험결과를 보면 약 5톤 가량의 ASS형 묘보다 절반 정도의 무게를 가진 2.5톤의 AC-14형 묘가 상대적으로 큰 파주력을 가지고 있음을 알 수 있다. 다만 암반과 같은 저질에서는 전반적으로 모든 형태의 묘 파주력이 감소되면서 ASS형 묘가 상대적으로 큰 파주력을 보이고 있다. 이는 단단한 저질에서는 AC-14형 묘의 특징인 묘 머리(Crown) 및 묘 손(Palm)이 바닥에 충분히 박히지 못함으로써 파주력이 감소하게 되기 때문이다. 이와 같이 AC-14형 묘는 ASS형 묘나 나중에 언급될 U.S. Navy Standard형 묘에 비해 상대적으로 큰 파주력을 가지고 있다. 이러한 장점은 곧 묘를 보다 경량화 시킬 수 있고 함정의 조합이 보다 용이해 질 수 있으며, 출·입항시 부두 구조물 또는 타 함과의 계류시 선체 손상 확률을 낮출 수 있다. 또한 투묘시 Bell mouth의 위치를 U.S. Navy Standard형보다 아래에 설치할 수 있어 투묘가 보다 용이하며, Bell mouth의 선체 돌출부를 최소화시킴으로써 현대 해군 함정이 가져야 할 중대한 기능 중의 하나인 은폐성을 보다 증대시킬 수 있는 장점이 있다. 이는 곧 함정의 레이더 반사 단면적(RCS; Radar Cross Reflection)을 최소화시킬 수 있어 오늘날 건조되고 있는 함정인 대형상륙함(LPH), 이지스함(DDG), 호위함(FFX) 등에서 AC-14형의 묘를 주로 채택하고 있는 추세이다.

Table 7 Holding power for each type of anchor

type of anchor characteristic of bottom	AC-14 type(2.5ton)		ASS type(5.25ton)	
	holding power coefficient	holding power (ton)	holding power coefficient	holding power (ton)
red mud, sand, gravel	10.0	25.0	3.9	20.5
blue mud, mud, sand	13.6	34.0	3.1	16.8
light mud	8.2	20.5	1.6	8.4
rock covered with light mud	2.8	7.0	1.9	10.0

Table 8은 국내 제작사가 AC-14형 묘에 대한 파주력을 실험한 결과이다. 뺄, 모래, 자갈 등 3종류의 저질에 대하여 일정 속도로 인장하면서 묘의 파주력을 산출한 값이다(KR, 2013). 실험에서 2.46톤의 묘를 기준으로 저질별 파주력을 테스트한 결과, 파주계수는 뺄과 모래에서는 약 13으로 비슷한 값을 가지는 반면, 자갈과 같은 저질에서는 이보다 낮은 7정도의 파주계수를 가지고 있음을 보여준다. 이러한 결과는 동일한 규격의 AC-14형 묘를 제작하는 해외 제작사(VICINAY) 제품 사양 설명서에서도 AC-14형 묘는 파주계수가 일반적 조건에서는 7~10의 값을 가지지만, 최상의 상태에서는 12이상의 파주계수 값을 가질 수 있다는 점을 언급하고 있는 것으로 보아, AC-14형 묘의 파주계수의 범위는 대체적으로 7~13 정도라고 할 수 있을 것이다. 그러나 여기에서 반드시 고려되어야 할 사항은 당시 투묘지의 저질 뿐만 아니라 투묘시 묘의 손(Palm of fluck)이 해저면을 깊숙이 파고 들어가는 정도, 해저면의 경사도, 당시 묘가 해저면에 놓인 상태 등의 여러 요소에 따라 그 파주력과 파주계수는 달라질 수 있음을 유념해야 한다는 점이다.

Table 8 Experiment result for AC-14 type anchor holding power coefficient(2.46ton)

characteristic of bottom	holding power	holding power coefficient
mud	18.2	13.41
sand	33.0	13.00
gravel(rock)	32.0	7.39

#### 3.2. U.S. Navy Standard형 묘

상선, 객선 등 일반 선박들이 보유한 ASS형, AC-14형에 대한 파주계수와 파주력 산출값은 많은 실험과 연구를 거쳐 일반적으로 사용되고 있다. 하지만 주로 해군 함정에서 사용되는 묘인 U.S. Navy Standard형 묘와 Danforth형 묘에 대한 연구 자료는 미흡한 상태이다. 결국 해군 함정들은 주로 ASS형 또는 AC-14형 묘의 파주계수 값을 바탕으로 함정의 파주력을 대략적으로 계산하여 묘박을 실시하고 있는 실정이다. 이는 자칫 함정의 파주력 예측에 상당한 차이를 발생시켜 함정을 매우 위험한 상황으로 치닫게 할 소지가 크다. 따라서 이러한 묘에 대한 파주력과 파주계수에 대한 연구는 직접 묘를 제작하고 그 파주력을 실험했던 해외 연구기관의 자료를 살펴볼 필요가 있다. Table 9는 U.S. Navy Standard형 묘의 중량별 파주력과 파주계수 값이다(NAVSEA, 1997a). Table 9에서 보는 바와 같이, U.S. Navy Standard형 묘는 중량의 변화에 비례해서 파주력이 커지면서 약 7정도의 일정한 파주계수 값을 보여주고 있는 것을 알 수 있다. 이는 특정 저질에서 동일한 형태의 묘를 대상으로 중량만 변화하여 실험한 결과로, U.S. Navy Standard형 묘는 중량의 변화에 안정적인 파주력을 보유한 형태의 묘라는 것을 알 수가 있다. 따라서 미

해군 함정은 주로 이와 같은 형태의 묘를 대부분 사용 중에 있으며, 과거 미 해군의 조합기술을 주로 따르던 우리나라 함정 역시 호위함(FF), 초계함(PCC), 군수지원함(AOE) 등에서 U.S. Navy Standard형 묘를 장착하여 운용하고 있다. 하지만 이 같은 연구자료는 저질에 따른 파주력과 파주계수가 제시되어 있지 못하고, 단순히 묘 중량에 따른 파주력 및 파주계수 값만이 제시하고 있다. 다만, ASS형이나 AC-14형 묘의 저질별 파주력 및 파주계수 연구결과를 바탕으로 봤을 경우, Table 9에서 보여주는 값은 점성이 높은 빨과 같이 묘의 파주력을 최대로 발휘할 수 있는 여건에서 측정되어진 결과로 보여진다. 따라서 U.S. Navy Standard형 묘에 대하여 빨, 모래, 암반과 같은 다양한 상황 하에서 그 파주력 및 파주계수를 측정함으로써 정확하고 신뢰성 있는 자료 축적이 무엇보다 필요하겠다.

Table 9 Holding power by weight  
(U.S. Navy Standard Type)

weight (kg)	holding power (ton)	holding power coefficient	weight (kg)	holding power (ton)	holding power coefficient
90	0.64	7.056	3,175	22.23	7.000
226	1.59	7.027	4,082	28.58	7.001
317	2.22	7.013	5,443	38.10	7.000
453	3.18	7.009	7,257	50.80	7.001
589	4.13	7.008	8,164	57.15	7.001
680	4.76	7.004	11,340	79.38	7.000
816	5.72	7.004	15,876	111.13	7.000
907	6.35	7.001	20,412	142.88	7.000

### 3.3. Danforth형 묘

고 파지력 묘 중 하나인 Danforth형 묘는 1939년 R. D. Ogg와 R. S. Danforth가 최초로 발명한 묘 형태로 2차 세계 대전 당시 상륙함정에서 주로 운용되었다. 이는 AC-14형이나 U.S. Navy Standard형 묘보다 파주력이 커서 작은 중량으로 큰 파주력이 필요할 선박에서 주로 사용되는 묘 형태이다. Table 10은 Danforth형 묘의 중량에 따른 파주력 실험결과이다(NAVSEA, 1997a).

Table 10 Holding power by weight(Danforth Type)

weight (kg)	holding power	holding power coefficient	weight (kg)	holding power	holding power coefficient
15	590	39.3	500	9,750	19.5
25	890	35.6	750	14,830	19.8
50	1,550	31.0	1,000	18,145	18.1
75	2,085	27.8	1,500	27,215	18.1
100	2,695	27.0	2,000	34,050	17.0
150	3,710	24.7	2,500	41,280	16.5
250	5,670	22.7	3,000	48,420	16.1
370	8,245	22.3	5,000	74,160	14.8

이 결과 역시 NAVSEA에서 실험한 값으로, Danforth형 묘는 앞에서 언급한 여러 묘들에 비해 훨씬 큰 파주력을 가지고 있다. 그리고 또 다른 큰 특징은 저중량일 때 오히려 그 파주계수가 약 40정도로 파주계수가 가장 크고, 고중량이 될 수록 파주계수가 점차 작아지고 있다는 점이다. 이 같은 현상은 Danforth형 묘의 체(Shank)와 손(Fluck)과 깊은 관련이 있는 것으로 보여진다. 즉 ASS형, AC-14형, U.S. Navy Standard형 묘와 달리 Danforth형 묘의 체(Shank) 면적은 다른 묘들에 비해 넓고 손(Fluck)의 날 역시 날카로우며 해저 바닥에 잘 박힐 수 있는 형태를 가지고 있다. 또한, 묘가 박힌 후 체(Shank)와 손(Fluck)간의 각도가 약 30°로 벌어지게 될 때 동시에 체(Shank) 아래에 있는 묘장(Stock)이 손(Fluck)의 바닥과 거의 수평으로 놓이게 하여 잘 박히도록 하는 역할을 함에 따라, 묘의 중량이 상대적으로 작을수록 큰 파주력을 발생시킬 수가 있는 것이다. 실제 Danforth형 묘는 민간 선박들 중에서 요트나 어선 등의 소형 선박들이 주로 사용하고 있으며, 해군 함정에서는 일정한 지점의 해상에서 장시간 동안 기뢰를 탐색하고 제거하는 소해함(MSH, MHC), 침몰한 선박을 인양하고 구조하는 등 특수한 임무를 수행하는 구조함(ATS), 해상에서 고속으로 기동하기 위해 함정의 중량을 최소화해야 하는 고속함(PKM) 등에서 주로 운용되고 있다. 따라서 소해함(MSH, MHC)이 보유한 묘의 수중 기준 중량이 약 300에서 400 kg이고 고속함(PKM)의 묘 중량이 150 kg임을 고려할 때 그 파주계수 값은 약 22~25정도로 예상된다. 하지만 Table 10에서 보여주는 파주력 산출자료 역시 U.S. Navy Standard형 묘의 경우와 마찬가지로 파주력이 가장 크게 발생하는 빨과 같은 저질에서 측정된 결과로 보이지만, 실험 당시 여건(기상 조건, 저질 등)이 명확하게 제시되지 않아 파주력 및 파주계수 결정에 제한이 따른다. 이는 ASS, AC-14형 묘들이 모래 또는 자갈과 같이 빨에 비해 점성이 낮고 단단한 저질에서 그 파주력이 약해진다는 사실을 고려할 때, Danforth형 묘 역시 모래 또는 자갈과 같은 저질에서는 Table 10에서 제시한 파주력 및 파주계수 값보다는 작은 값을 가질 것으로 추정된다.

## 4. 함정 운용을 고려한 실제 파주력에 대한 고찰과 제언

투묘 시 발휘되는 파주력은 묘의 파주력과 파주부를 구성하는 묘체의 파주력으로 구성된다. 이 중 묘의 파주력은 절대적인 부분을 차지한다. 묘의 파주력은 묘의 수중 무게와 저질에 따른 파주계수에 의해 결정된다. 또한 묘의 수중 무게는 정확히 산출되나 파주계수는 매우 다양한 요인에 의해 불명확한 실정이다. 결국 함정 운용자는 지금까지 불명확한 방법으로 파주력을 산출한 상태에서 함정을 주변 외력으로부터 견디게 하고 주묘를 방지하여야만 한다. 이러한 목적을 달성하기 위하여 함정 운용자들은 무엇보다도 불명확한 파주계수에 대한 올바른 이해가 필요하다. 이것을 위해 몇 가지 제언을 한다면 다음과 같다.

첫째, 각종 자료에서 제시하고 있는 파주계수 값은 여러 차례 시험한 값들의 평균값 또는 편차를 고려한 대표 값이라는 점이다. 즉, 100%의 확률이 아닌 50% 또는 75% 정도의 확률로 파주계수 값을 보장한다는 것이다. 둘째, 저질이 다양할 경우 그 파주계수 값은 일정하지 않을 수 있다는 점이다. 만약 빨과 모래, 모래와 자갈, 빨과 모래 그리고 자갈 등과 같이 다양하게 혼합된 저질 상태에서의 파주계수 값은 특정 한 저질에서의 파주계수 값들에 비하여 그 값이 보다 크거나 또는 작게 산출될 수 있다. 셋째, 묘박 중인 선박은 항상 주변 외력의 변화(방향, 강도)에 따라 파주부의 파주력이 변화될 수 있기 때문에 파주력이 달라질 수 있다는 점을 인식하고 있어야 한다. 넷째, 묘의 파주력과 파주계수 실험값은 모든 경우에서의 값을 대변하지 못한다는 점이다. 다만 특정 묘 형태, 중량 그리고 저질에서 산출된 자료를 통하여 그 대표 값을 제시하고, 이를 기반으로 그 주변 값을 대략적으로 추정할 수 있을 뿐이다. 마지막으로, 함정 건조 시 묘의 중량 결정은 앞에서 언급했던 것과 같이 근사식과 의장수에 의한 방법으로 결정하고 있다. 하지만 이 방법들로 결정된 묘의 중량은 어디까지나 최악의 상황에서 묘가 최대로 파주력을 발휘할 경우의 값을 적용하고 있다는 점이다. 따라서 함정 운용자는 이 점을 유념하여 이론상 계산되는 값보다 파주력이 클 수 있도록 묘와 묘채를 운용해야 할 필요가 있다.

## 5. 결 론

본 연구에서는 기존 문헌연구 자료와 묘 제작사, 연구기관, 학계의 여러 실험결과를 바탕으로 함정이 보유한 묘 형태별 파주력 및 파주계수를 비교하고 분석하였다.

먼저 2장에서는 함정 묘의 운용현황과 제작현황을 살펴보았다. 함정 묘로는 ASS, AC-14, Danforth 형 묘를 주로 사용하고 있었다. 운용현황으로 설계조건은 해군에서 요구하는 특별한 사양조건이 없는 한 일반적인 설계조건을 따르며, 묘의 수량은 통산 2개이며, 중량은 근사식과 KR에서 정한 의장수를 만족하도록 되어있다. 3장에서는 해군 함정들이 보유하고 있는 대표적인 형태인 AC-14형, U.S. Navy Standard형, Danforth형 묘를 대상으로 파주력과 파주계수를 비교 및 분석하였다. 그 결과, AC-14형 묘는 ASS형 묘나 U.S. Navy Standard형 묘에 비해 상대적으로 큰 파주력을 가지고 있어 보다 경량화 시킬 수 있기 때문에, 조함이 보다 용이해지고 선체 돌출부를 최소화시킴으로써 은폐성을 보다 증대시킬 수 있는 장점을 가지고 있다. 이에 반해 U.S. Navy Standard형 묘는 중량의 변화에 비례해서 파주력이 커지면서 약 7정도의 일정한 파주계수 값을 보여주어 중량의 변화에 안정적인 파주력을 보유한 형태의 묘라는 것을 확인하였다. 또한 Danforth형 묘는 다른 묘들에 비해 훨씬 큰 파주력을 가지고 있고 저중량일 때 오히려 그 파주계수가 약 40정도로 가장 크고, 고중량이 될수록 파주계수가 점차 작아지는 특징을 가지고 있음을 확인

하였다. 4장에서는 묘의 파주력을 결정하는 파주계수 값이 여러 요인에 의해 불명확한 점을 지적하고, 기존에 제시된 파주계수 값을 이용시 고려할 사항으로 5 가지를 제시하였다.

이상의 연구결과들은 해군 실무자들이 묘의 파주력과 파주계수를 이해하는데 크게 도움이 될 것이라 생각되며, 묘와 관련된 교육자료로서 유용하게 활용할 수 있을 것이다.

끝으로 묘의 파주력과 관련하여 향후 보완할 사항을 몇 가지 들자면 다음과 같다. 첫째, 의장수에 의한 계산 방법을 보완할 필요가 있다. 의장수에 의한 계산 값은 근사식에 의한 계산 값에 비해 묘의 중량이 적게 산출되는 경향이 크다는 점과, 묘 형태를 고려치 않고 오로지 형폭, 선체 높이, 투영면적 등 선박의 외형적 요소만을 고려함으로써 조류, 바람, 조파 등 외력의 영향이 전혀 반영되어 있지 않은 상태에서 산술적으로만 계산된다는 점 등이 지적된다. 따라서 의장수 계산식에 관한 검토와 더불어 외력의 영향을 어느 정도 고려하여 계산되는 근사식에 의한 방법도 적용하여 최종적인 묘 형태와 중량을 결정할 필요가 있다. 둘째, AC-14형 묘를 제외한 U.S. Navy Standard형, Danforth형 묘의 파주력에 관련하여 제시되어 있는 값들은 빨과 같이 묘의 파주력을 최대로 발휘할 수 있는 여건에서 측정되어진 결과로 보여 진다는 점이다. 이 같은 사실은 모래, 자갈, 바위와 같은 저질에서 과연 어느 정도의 파주력을 발생시킬 수 있는가에 대한 질문에 명확한 답을 제시하지 못한다는 한계점을 가지고 있다. 따라서 U.S. Navy Standard형 및 Danforth형 묘에 대해서는, 다양한 저질에 따른 파주력 및 파주계수 측정 실험을 통하여 보다 정확하고 신뢰성 있는 자료 축적이 무엇보다 필요한 실정이다.

## 후 기

본 연구는 해군해양연구소의 지원으로 수행한 ‘묘(錨)의 파주계수와 파주력에 관한 고찰’(2013)의 일부를 수정 보완한 내용임.

## References

- [1] KR(2013), Rules/Guidance for the Classification of Steel Ships, part 4 Hull Equipment.
- [2] Navy, Naval shipbuilding(SU)-GI-06-007(2004), “Design Criteria of Anchor and Anchor Chain ”
- [3] NAVSEA(1997a), “NSTM Ch.581, Anchoring”.
- [4] NAVSEA(1997b), “U.S.Navy Engineer’s handbook”, Vol 1.
- [5] Yoon(2014), The theory and executive ability of Ship control, Se-jong Publisher, pp. 1-15.

Received 20 June 2014  
 Revised 7 January 2015  
 Accepted 8 January 2015